

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 36 273.8

**Anmeldetag:** 07. August 2003

**Anmelder/Inhaber:** Fraunhofer-Gesellschaft zur  
Förderung der angewandten Forschung eV,  
80686 München/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Erzeugung von EUV- und  
weicher Röntgenstrahlung

**IPC:** H 05 G, H 05 H, H 01 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. August 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hoiß

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



## Patentanmeldung:

### Vorrichtung zur Erzeugung von EUV- und weicher Röntgenstrahlung

#### Anmelderin:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**

- 5 Die Erfindung betrifft eine Gasentladungsquelle nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Bevorzugte Anwendungsgebiete sind solche, die Extrem-Ultraviolett- und/oder weiche Röntgenstrahlung im Wellenlängenbereich von ca. 1 nm bis 20 nm benötigen, wie insbesondere die Halbleiter-Lithographie.

#### Stand der Technik

- 10 Eine gattungsgemäße Vorrichtung offenbart die WO 99/29145. Die daraus entnommene Fig.1 zeigt eine Elektrodenanordnung, bei der sich zwischen zwei Elektroden ein gasgefüllter Elektrodenzwischenraum befindet. Die beiden Elektroden weisen je eine Öffnung auf, durch welche eine Symmetrieachse definiert wird. Die Vorrichtung arbeitet in einer Umgebung konstanten Gasdrucks.
- 15 Wenn Hochspannung an die Elektroden angelegt wird, gibt es einen Gasdurchbruch, der vom Druck und dem Elektrodenabstand abhängt. Der Druck des Gases und der Elektrodenabstand sind so gewählt, dass das System auf dem linken Zweig der Paschen-Kurve arbeitet und infolgedessen kein elektrischer Durchbruch zwischen den Elektroden auftritt. Die Gasentladung kann sich nicht
- 20 zwischen den Elektroden ausbreiten, weil in diesem Fall die mittlere freie Weglänge der Ladungsträger größer ist als der Elektrodenabstand. Die Gasentladung sucht sich stattdessen einen längeren Weg, da nur bei ausreichend großer Entladungsstrecke genügend viele ionisierende Stöße zur Auslösung der Entladung möglich sind. Dieser längere Weg ist durch die Elektrodenöffnungen
- 25 vorgebar, über welche die Symmetrieachse definiert ist. Es bildet sich ein stromführender Plasmakanal axialsymmetrischer Form entsprechend der Elektrodenöffnungen aus. Der sehr hohe Entladungsstrom baut um den Strompfad ein magnetisches Feld auf. Die resultierende Lorentz-Kraft schnürt das Plasma ein, dabei wird das Plasma auf sehr hohe Temperaturen erhitzt, wobei es

Strahlung sehr kurzer Wellenlänge, insbesondere im EUV- und weichen Röntgenwellenlängenbereich, abgibt. Die Auskopplung der Strahlung erfolgt in axialer Richtung entlang der Symmetrieachse durch die Öffnung einer der Elektroden.

- 5 Für die Anwendung in der EUV-Lithographie sollten die Plasmen eine axiale Ausdehnung zwischen 1 bis 2 mm und einen Durchmesser von ebenfalls 1 bis 2 mm aufweisen und unter einem Beobachtungswinkel von 45 bis 60 Grad optisch zugänglich sein. Allgemein bekannt ist, dass solche Plasmen für diese Anwendung optimal erzeugt werden in elektrischen Entladungen mit Pulsenergien
- 10 im Bereich einiger Joule, einer Strompulsdauer um 100 ns und Stromamplituden zwischen 10 und 30 kA. Der optimale Neutralgasdruck liegt typischerweise im Bereich einiger Pa bis einigen 10 Pa. Der Startradius für die Kompression des Plasmas, welcher im wesentlichen durch die Öffnungen im Elektrodenystem bestimmt wird, liegt im Bereich einiger mm. Der Abstand zwischen den Elektroden
- 15 liegt zwischen 3 und 10 mm.

Die WO 01/01736 A1 offenbart eine gattungsgemäße Vorrichtung, bei der als Mittel zur Erhöhung der Konversionseffizienz zusätzlich eine Hilfselektrode zwischen den Hauptelektroden vorhanden ist, welche eine Öffnung auf der Symmetrieachse aufweist.

- 20 Die DE 101 34 033 A1 offenbart eine gattungsgemäße Vorrichtung, bei der der Gasdruck der Gasfüllung nahe einer als Kathode ausgebildeten Elektrode höher ist als in einem davon entfernten Bereich des Entladungsgefäßes.

- Die im Stand der Technik beschriebenen Vorrichtungen sind jedoch nicht in der Lage, die für viele Anwendungen, insbesondere für die Halbleiterlithographie, notwendigen hohen Leistungen bereitzustellen. Es sind somit Verbesserungen
- 25 nötig, um eine möglichst hohe Strahlungsintensität zu erzielen. Zu beachten ist allerdings auch, dass der Stromtransport über die Kathode für die notwendigen hohen Stromamplituden und Stromdichten zwangsläufig mit Verdampfung von Kathodenmaterial verbunden ist. Eine derartige Elektrodenerosion führt zu einer
- 30 geometrischen Veränderung der Kathode, welche sich letztlich negativ auf die Emissionseigenschaften des Plasmas auswirkt. Dies ist um so schneller der Fall,

je näher das Pinchplasma zur Kathodenfläche orientiert ist. Für die Nutzbarkeit derartiger Vorrichtungen ist aber eine hinreichend hohe Lebensdauer unabdingbar.

Der Erfindung liegt also die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Erzeugung eines strahlungsemitierenden Plasmas bereitzustellen, mit der eine hohe Strahlungsintensität im Wellenlängenbereich zwischen  $\lambda = 1$  bis 20 nm, also im EUV-Bereich und im weichen Röntgenwellenlängenbereich, erzielt und möglichst effektiv ausgekoppelt werden kann und welche eine möglichst hohe Lebensdauer aufweist.

### 10 Darstellung der Erfindung

Die Lösung dieses technischen Problems erfolgt durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen werden durch die abhängigen Ansprüche angegeben.

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass das oben genannte technische Problem  
15 gelöst wird durch eine Gasentladungsquelle, insbesondere zur Erzeugung von Extrem-Ultraviolett- und/oder weicher Röntgenstrahlung, bei der sich zwischen zwei Elektroden (1,2) ein gasgefüllter Elektrodenzwischenraum (3) befindet, bei der Vorrichtungen zum Einlassen und Abpumpen von Gas vorhanden sind, bei der eine Elektrode (1) eine Symmetrieachse (4) definierende und für den Austritt von Strahlung vorgesehene Öffnung (5) aufweist und bei der zwischen den beiden Elektroden (1,2) eine zumindest eine Öffnung (7) auf der Symmetrieachse (4)  
20 aufweisende und als differentielle Pumpstufe wirkende Blende (6) vorhanden ist.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass man durch das Einbringen einer Öffnung (7) auf der Symmetrieachse (4) aufweisende Blende (6) und  
25 durch die Benutzung dieser Blende als differentielle Pumpstufe auf einfache Weise bestimmte gewünschte Druckverhältnisse im Elektrodenzwischenraum (3) einstellen kann. Neben den daraus resultierenden Vorteilen ist durch den Einbau einer derartigen Blende (6) im Elektrodenzwischenraum (3) eine größere Fläche vorhanden, über die Wärme abgeführt werden kann. Auf diese Weise lässt sich  
30 die thermische Belastung der Elektroden (1,2) verringern, ihre Lebensdauer damit

erhöhen und die in das System einkoppelbare mittlere Leistung bzw. Pulsenergie und damit auch die erzielbare Strahlungsleistung steigern.

Der Elektrodenzwischenraum (3) soll den gesamten Raum zwischen den beiden Elektroden (1,2) bezeichnen. Er wird durch die Blende (6) in zwei Teilbereiche unterteilt, die jeweils begrenzt werden durch eine der Elektroden (inklusive ihrer Öffnung) und die Blende (inklusive ihrer Öffnung).

Es besteht insbesondere die Möglichkeit, für den im von der Blende (6) und der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3) einen größeren Gasdruck vorzusehen als im von der Blende (6) und der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3). Diese Maßnahme bewirkt, dass die Kompression bzw. die Einkopplung der Energie in das stromdurchflossene Plasma und damit verbunden die Lokalisierung des Bereichs hoher Impedanz an der gewünschten Stelle nahe der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1) erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass eine optimale Nutzbarkeit der Strahlung unter dem Aspekt der Zugänglichkeit unter großen Beobachtungswinkeln gegeben ist. Der Stromtransport von der Kathode zu dieser Stelle erfolgt dabei in einem diffusen niederimpedanten Plasma. Dies führt im Vergleich zum Stand der Technik, bei dem ein insgesamt kürzerer Plasmakanal entsteht, kaum zu Verlusten. Auch deswegen ist eine Steigerung der Strahlungsleistung erzielbar.

Der Gasdruck im Elektrodenzwischenraum (3) und der Abstand zwischen den beiden Elektroden werden so gewählt, dass die Zündung des Plasmas auf dem linken Ast der Paschenkurve erfolgt, d.h. die Ionisationsprozesse starten entlang der langen elektrischen Feldlinien, welche bevorzugt im Bereich der Öffnungen von Anode und Kathode auftreten. Die Zündung erfolgt somit im Gasvolumen und damit besonders verschleißarm. Außerdem kann bei einem Betrieb auf dem linken Ast der Paschenkurve ohne Schaltelement zwischen Strahlungsgenerator und Spannungsversorgung gearbeitet werden, was eine niederinduktive und damit sehr effektive Energieeinkopplung möglich macht.

Es ist möglich, entweder die von der Austrittsseite der Strahlung abgewandte Elektrode (2) oder die der Austrittsseite der Strahlung zugewandte Elektrode (1) als Kathode zu verwenden. Die erste Alternative hat den Vorteil, dass das komprimierte Plasma, welches durch die erfindungsgemäße Vorrichtung in diesem Fall nahe der Anode (1) entstehen kann, somit vergleichsweise weit von der Kathode (2) entfernt ist. Dadurch kommt es zu einer geringeren Erosion der Kathode. Vor allem aber hängt die Erzeugung des Pinchplasmas auch weniger stark von geometrischen Veränderungen der Kathode ab. Somit kann eine höhere Erosion toleriert werden. Insgesamt führt dies zu einer deutlich längeren Lebensdauer des Elektrodensystems und bietet die Möglichkeit, eine höhere elektrische Leistung einzukoppeln und somit eine höhere Strahlungsleistung zu erzielen.

Auch die thermische Belastung der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1), also z.B. der Anode, hält sich in Grenzen, da die Blende (6) in der Lage ist, einen beträchtlichen Teil der Energie abzuführen. Deswegen muss aufgrund des Vorhandenseins der Blende (6) nur der Anteil der Energie betrachtet werden, der in den Bereich des Pinchplasmas, der kurzwellige Strahlung emittiert, eingekoppelt wird. Da dieser Anteil nur ein Fünftel bis ein Viertel der Gesamtenergie beträgt, lässt sich damit die einkoppelbare Leistung und auch die Pulsenergie entsprechend um einen Faktor 4 bis 5 steigern.

Besonders vorteilhaft ist es, die von der Austrittsseite der Strahlung abgewandte Elektrode (2) als einen Hohlraum (8) aufweisende Hohlelektrode, insbesondere als Hohlkathode, auszugestalten. Darin findet in einer ersten Phase der Entladung eine Vorionisation des Gases statt gefolgt von der Ausbildung eines dichten Hohlkathodenplasmas. Ein solches eignet sich besonders gut, die notwendigen Ladungsträger (Elektronen) zum Aufbau eines niederohmigen Kanals im Elektrodenzwischenraum (3) bereitzustellen. Die Hohlelektrode (2) kann eine oder mehrere Öffnungen (9) zum Elektrodenzwischenraum (3) aufweisen. Da durch letztere Alternative der Gesamtstrom auf mehrere Elektrodenöffnungen (9) verteilt wird, kann die lokale Belastung der Elektrode (2) auf diese Weise verringert und damit die Lebensdauer des Elektrodensystems bzw. die einkoppelbare elektrische Leistung erhöht werden. Im Hohlraum (8) der als Hohlkathode ausgebildeten Elektrode (2) können zusätzlich Triggervorrichtungen vorhanden sein. Auf diese

Weise lässt sich die Zündung der Entladung präzise nach Bedarf auslösen. Dies ist besonders bei einer Hohlkathode mit mehreren Öffnungen vorteilhaft. Die Triggervorrichtung kann z.B. als Hilfselektrode in der Hohlkathode ausgestaltet sein, mit der die Entladung dadurch ausgelöst werden kann, dass die  
5 Hilfselektrode von einem gegenüber der Kathode positiven Potential auf ein niedrigeres Potential, z.B. Kathodenpotential geschaltet wird. Weitere Möglichkeiten zur Triggerung bestehen in der Injektion oder Erzeugung von Ladungsträgern in der Hohlkathode über einen Glimmentladungstrigger, einen hochdielektrischen Trigger oder dem Auslösen von Photoelektronen oder  
10 Metaldampf über Licht- oder Laserpulse.

Es ist günstig, die Blende (6) so auszugestalten, dass sie zum Stromtransport höchstens in geringem Maße beiträgt. Der gesamte oder zumindest der wesentliche Anteil des Stromtransportes wird stattdessen weitgehend nur über den Plasmakanal von der Kathode zur Anode übertragen. Auf diese Weise kann  
15 der Strom möglichst vollständig und effektiv für die Erzeugung des Pinchplasmas genutzt werden. Außerdem lässt sich die Erzeugung von Kathodenflecken an der Blende und die dabei dort auftretende Erosion somit weitgehend vermeiden.

Für die Herstellung der Blende (6) ist es von Vorteil, wenn die Blende (6) oder zumindest ein Teil der Blende (6) aus einem gut mechanisch bearbeitbaren  
20 Material besteht. Außerdem ist es vorteilhaft, wenn das Material mindestens eines Teils der Blende (6) eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzt. Dadurch wird eine effektive Kühlung bzw. Wärmeabführung ermöglicht.

Als Material für mindestens einen Teil der Blende (6) lässt sich zum Beispiel Keramik, insbesondere Aluminiumoxid oder Lanthanhexaborid, verwenden.

Für den nahe der Öffnung (7) liegende Teil der Blende (6), für den aufgrund der Nähe zum Plasmakanal die Gefahr der Erosion der Blende (6) am größten ist, ist es günstig, diesen Teil aus einem besonders entladungsfesten Material, insbesondere zum Beispiel aus Molybdän, Wolfram, Titannitrid oder Lanthanhexaborid, auszubilden. Dadurch wird das Auftreten von Erosion an der  
25 Blende (6) stark eingeschränkt und damit die Lebensdauer der Vorrichtung erhöht.  
30

Möglich ist auch die Einbringung mehrerer, jeweils eine Öffnung (7) auf der Symmetrieachse (4) aufweisender Blenden in den Elektrodenzwischenraum (3). In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform sind diese als voneinander durch Isolatoren (11) beabstandete metallene Blenden (6,6',6'') ausgestaltet. Auf diese Weise wird das mehrstufige Zünden von Kathodenflecken und damit der Stromtransport effektiv unterdrückt. Dies liefert den Vorteil wie bei Verwendung eines reinen Isolators. Zusätzlich wird durch den Einbau von Metall ein gewünscht niederinduktiver Aufbau des Elektrodensystems im Vergleich zu einer reinen Keramikplatte möglich. Ferner spielen Ablagerungen von Metaldampf auf der Blende, die z.B. bei einer Keramikblende zu Problemen führen könnten, nahezu keine Rolle.

Die Dicke der Blende (6) kann in einem Bereich zwischen ca. 1 bis 20 mm liegen. Unter dem Aspekt der Kühlung sind möglichst dicke Blenden vorzusehen. Der Durchmesser der Blende (6) sollte ungefähr zwischen 4 und 20 mm liegen.

Es ist möglich, Gaseinlässe (12) derart anzuordnen, dass ihre Öffnungen zum von der Blende (6) und von der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3) weisen. Damit lässt sich der Gasdruck in diesem Teilbereich gezielt einstellen. In Zusammenwirken mit der Blende (6) kann dort insbesondere ein höherer Gasdruck vorgesehen werden als im von der Blende (6) und der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1) begrenzten Teilbereich des Elektrodenzwischenraums (3) bzw. es kann ein bestimmter gewünschter Druckunterschied eingestellt werden.

Außerdem können Gaseinlässe (12') vorhanden sein, die Öffnungen zum von der Blende (6) und von der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3) haben.

Mit dem Einbau von Gaseinlässen (12,12') in beiden Teilbereichen des Elektrodenzwischenraums (3) hat man einen besonders großen Spielraum bei der Regelung der Gasdruckverteilung im Elektrodenzwischenraum (3). Außerdem ist dadurch in Verbindung mit dem Vorhandensein der Blende (6) die Möglichkeit gegeben, eine inhomogene Verteilung der Gaszusammensetzung innerhalb des Elektrodenzwischenraums (3) zu generieren. Insbesondere wird in einer



vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung in den von der Blende (6) und von der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des Elektrodenzwischenraums (3) mittels der dort vorhandenen Gaseinlässe (12) zusätzlich ein Füllgas eingebracht, welches im Vergleich zum Arbeitsgas bei den verwendeten gepulsten Strömen sehr geringe Strahlungsverluste aufweist, wie z.B. Helium oder Wasserstoff. Auf diese Weise wird die Impedanz des Plasmas dort im Vergleich zu dem EUV. emittierenden Bereich gering gehalten und die Energieeinkopplung effektiver. In den von der Blende (6) und von der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1) begrenzten Teilbereich des Elektrodenzwischenraums (3) wird mittels der dort vorhandenen Gaseinlässe (12') das für die Erzeugung des Pinchplasma und die resultierende Aussendung von EUV-Strahlung vorgesehene Arbeitsgas, wie etwa Xenon oder Neon eingelassen.

Das Abpumpen des Gases kann besonders einfach von einer außerhalb des Elektrodenzwischenraums gelegenen Abpumpvorrichtung durch die Öffnung der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1) hindurch erfolgen. Möglich ist es aber auch, eine Abpumpvorrichtung direkt im Elektrodenzwischenraum (3), insbesondere im von der Blende (6) und von der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1) begrenzten Teilbereich des Elektrodenzwischenraums (3), vorzusehen. Dies ist besonders dann vorteilhaft, wenn in den beiden Teilbereichen des Elektrodenzwischenraums (3) wie oben beschrieben unterschiedliche Gaszusammensetzungen vorliegen, weil dann beim Abpumpen eine vergleichsweise niedrige Vermischung der beiden Gasgemische realisiert werden kann.

## **Kurze Beschreibung der Erfindung**

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen exemplarisch beschrieben. Es zeigen:

Fig.1 Eine aus der WO 99/29145 entnommene Zeichnung, die den Stand der Technik wiedergibt.

Fig.2 Schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung

- Fig.3 Schematische Darstellung einer Ausführungsform, bei der ein Teil der Blende aus einem entladungsfesten Material besteht.
- Fig.4 Schematische Darstellung einer Ausführungsform, bei der mehrere metallene Blenden vorhanden sind.
- 5 Fig.5 Schematische Darstellung einer Ausführungsform, bei der die Hohlelektrode mehrere Öffnungen aufweist.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

Fig.2 zeigt eine Ausführungsform des Elektrodensystems der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Dabei ist eine Elektrode (2) als einen Hohlraum (8) aufweisende Hohlelektrode ausgestaltet und wird als Kathode verwendet. Die andere Elektrode (1) fungiert als Anode. Die Auskopplung der vom innerhalb des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3) erzeugten Pinchplasmas (13) ausgehenden Strahlung erfolgt durch die Öffnung (5) der Anode (1). Um einen möglichst hohen Anteil der ausgesendeten Strahlung nutzbar machen zu können, verbreitert sich 15 die Anodenöffnung (5) in Auskoppelrichtung. Zwischen den Elektroden (1,2) ist eine Blende (6) angeordnet, welche auf der durch die Anodenöffnung (5) definierte Symmetrieachse (4) eine durchgehende Öffnung (7) aufweist. Die Hohlkathode weist in dieser Ausführung eine Öffnung (9) zum Elektrodenzwischenraum (3) auf, diese befindet sich genauso auf der Symmetrieachse (4). Es sind Gaseinlässe (12) vorhanden mit Öffnungen zum von der Blende (6) und von der Kathode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Zwischenraums (3). Die Zuleitungen dieser Gaseinlässe verlaufen in dieser Ausführung durch den Körper der Hohlkathode hindurch. Weitere Gaseinlässe (12') sind vorhanden sind mit 20 Öffnungen zum von der Blende (6) und von der Anode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3).

Fig.3 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der die Blende (6) in einem Bereich (10) nahe ihrer Öffnung (7) aus einem entladungsfesten Material, zum Beispiel aus Molybdän, Wolfram, Titannitrid oder Lanthanhexaborid besteht. Der übrige Teil der Blende (6) besteht aus einem gut 30 mechanisch bearbeitbaren Material und/oder einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit.

In Fig.4 ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, bei der mehrere metallene Blenden (6,6',6'') zwischen den Elektroden (1,2) angeordnet sind, jeweils beabstandet durch Isolatoren (11).

5 Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der die Kathode (2) drei Öffnungen (9,9',9'') aufweist. Die zentrale auf der Symmetrieachse liegende Öffnung (9) ist dabei als Sackloch ausgebildet. Die beiden anderen Öffnungen (9',9'') sind durchgehende Öffnungen zwischen dem Hohlraum (8) der Kathode (2) und dem Elektrodenzwischenraum (3).

## Bezugszeichenliste

- 1 der Austrittsseite der Strahlung zugewandte Elektrode
- 2 von der Austrittsseite der Strahlung abgewandte Elektrode
- 3 (Gasgefüllter) Elektrodenzwischenraum
- 4 Symmetrieachse
- 5 Öffnung der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1)
- 6 Blende
- 7 Öffnung der Blende
- 8 Hohlraum der Hohlelektrode (2)
- 9,9',9" Öffnung der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode
- 10 Aus entladungsfestem Material bestehender Teilbereich der Blende
- 1.1 Isolator
- 12,12' Gaseinlässe
- 13 Pinchplasma

## Patentansprüche

1. Gasentladungsquelle; insbesondere zur Erzeugung von Extrem-Ultraviolett- und/oder weicher Röntgenstrahlung, bei der sich zwischen zwei Elektroden (1,2) ein gasgefüllter Elektrodenzwischenraum (3) befindet, bei der Vorrichtungen zum Einlassen und Abpumpen von Gas vorhanden sind und bei der eine Elektrode (1) eine Symmetrieachse (4) definierende und für den Austritt von Strahlung vorgesehene Öffnung (5) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den beiden Elektroden (1,2) eine zumindest eine Öffnung (7) auf der Symmetrieachse (4) aufweisende und als differentielle Pumpstufe wirkende Blende (6) vorhanden ist.
2. Gasentladungsquelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gasdruck im von der Blende (6) und der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3) größer ist als im von der Blende (6) und der zur Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (1) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3).
3. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blende (6) so ausgestaltet ist, dass sie zum Stromtransport höchstens in geringem Maße beiträgt.
4. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Teil der Blende (6) aus einem gut mechanisch bearbeitbaren Material und/oder einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit besteht.
5. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Teil der Blende (6) aus Keramik besteht.
6. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blende (6) mindestens in einem Bereich (10) nahe ihrer Öffnung (7) aus einem entladungsfesten Material besteht.

7. Gasentladungsquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere voneinander durch Isolatoren (11) beabstandete metallene Blenden (6,6',6'') vorhanden sind.
8. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, die Blende (6) in Richtung der Symmetrieachse (4) eine Ausdehnung zwischen 1 mm und 20 mm hat.
9. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Öffnung (7) der Blende (6) einen Durchmesser zwischen 4 mm und 20 mm hat.
10. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Gaseinlässe vorhanden sind mit Öffnungen zum von der Blende (6) und von der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3).
11. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Gaseinlässe vorhanden sind mit Öffnungen zum von der Blende (6) und von der der Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3).
12. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der Austrittsseite der Strahlung abgewandte Elektrode (2) einen Hohlraum (8) aufweist, welcher mindestens eine Öffnung (9) zum gasgefüllten Elektrodenzwischenraum (3) aufweist.
13. Gasentladungsquelle nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Gaseinlass vorhanden ist mit einer Öffnung zum Hohlraum (8) der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2).
14. Gasentladungsquelle nach den Ansprüchen 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Triggereinrichtung im Hohlraum (8) der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2) vorhanden ist.

15. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Gasmischung im Elektrodenzwischenraum (3) ein für die Gasentladung verwendetes Arbeitsgas und zusätzlich mindestens ein weiteres Füllgas enthalten ist, welches im Vergleich zum Arbeitsgas geringere Strahlungsverluste aufweist.
16. Gasentladungsquelle nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass im von der Blende (6) und der zur Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3) in der Gasmischung hauptsächlich das Arbeitsgas enthalten ist und im von der Blende (6) und der von der Austrittsseite der Strahlung abgewandten Elektrode (2) begrenzten Teilbereich des gasgefüllten Elektrodenzwischenraums (3) in der Gasmischung hauptsächlich das Füllgas enthalten ist.
17. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abpumpen des Elektrodenzwischenraums (3) durch die Öffnung (5) der zur Austrittsseite der Strahlung zugewandten Elektrode (2) hindurch erfolgt.
18. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der Austrittsseite der Strahlung abgewandte Elektrode (2) als Kathode verwendet wird.
19. Gasentladungsquelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abstand der beiden Elektroden und der Gasdruck zwischen den Elektroden so gewählt ist, dass die Gasentladung auf dem linken Ast der Paschen-Kurve erfolgt.

## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Gasentladungsquelle, insbesondere zur Erzeugung von Extrem-Ultraviolett- und/oder weicher Röntgenstrahlung, bei der sich zwischen zwei Elektroden (1,2) ein gasgefüllter Elektrodenzwischenraum (3) befindet, bei der Vorrichtungen zum Einlassen und Abpumpen von Gas vorhanden sind und bei der eine Elektrode (1) eine Symmetrieachse (4) definierende und für den Austritt von Strahlung vorgesehene Öffnung (5) aufweist. Die vorgeschlagenen Verbesserungen bestehen darin, dass zwischen den beiden Elektroden (1,2) eine zumindest eine Öffnung (7) auf der Symmetrieachse (4) aufweisende und als differentielle Pumpstufe wirkende Blende (6) vorhanden ist.

Hierzu Fig.2





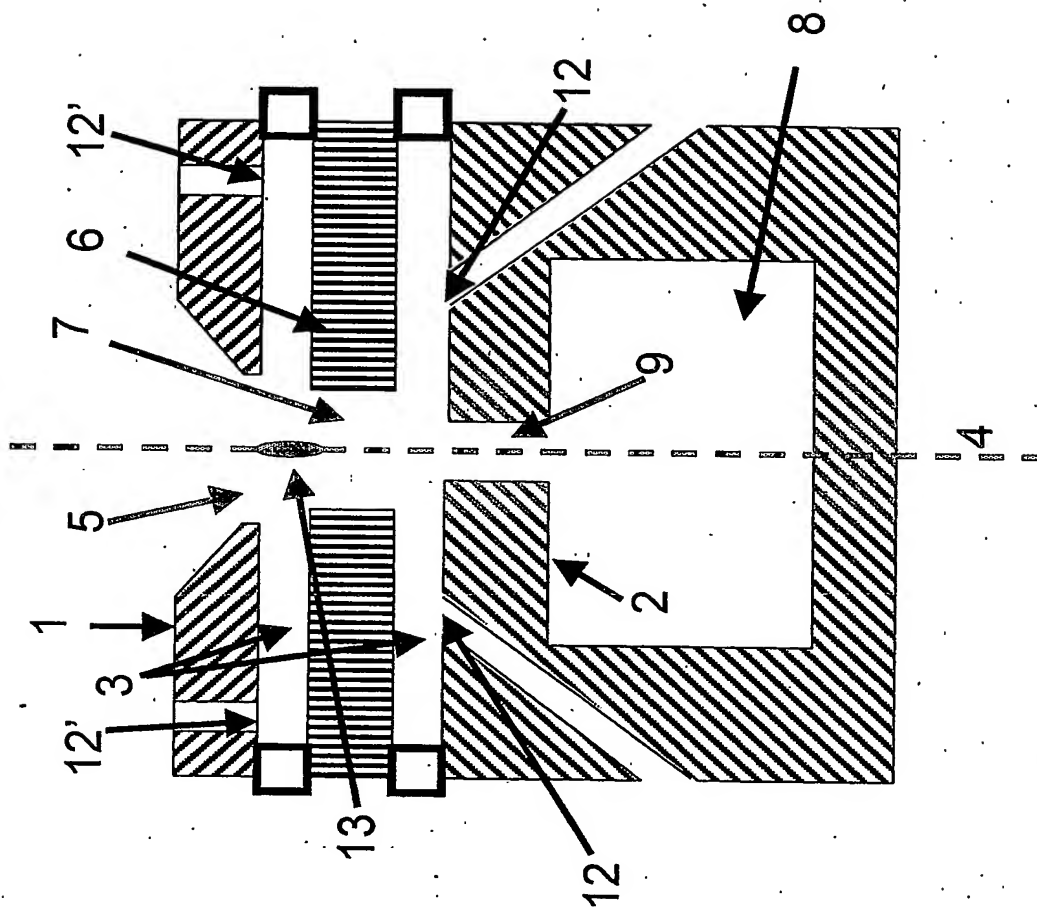


Fig. 2

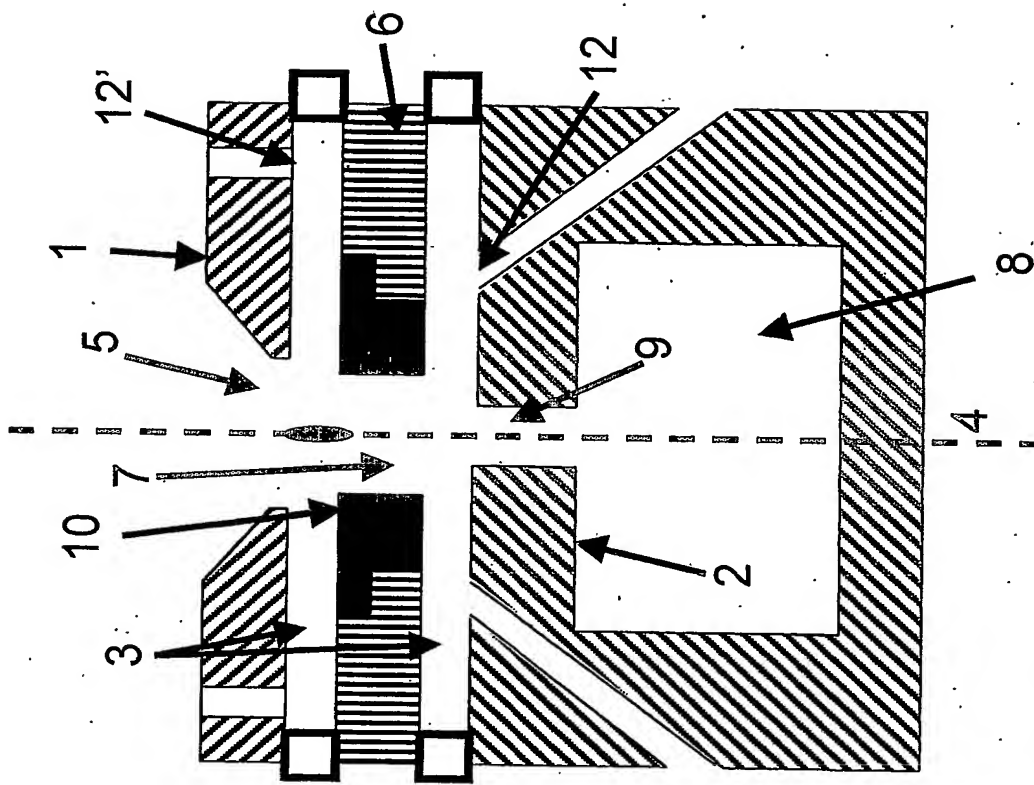


Fig. 3

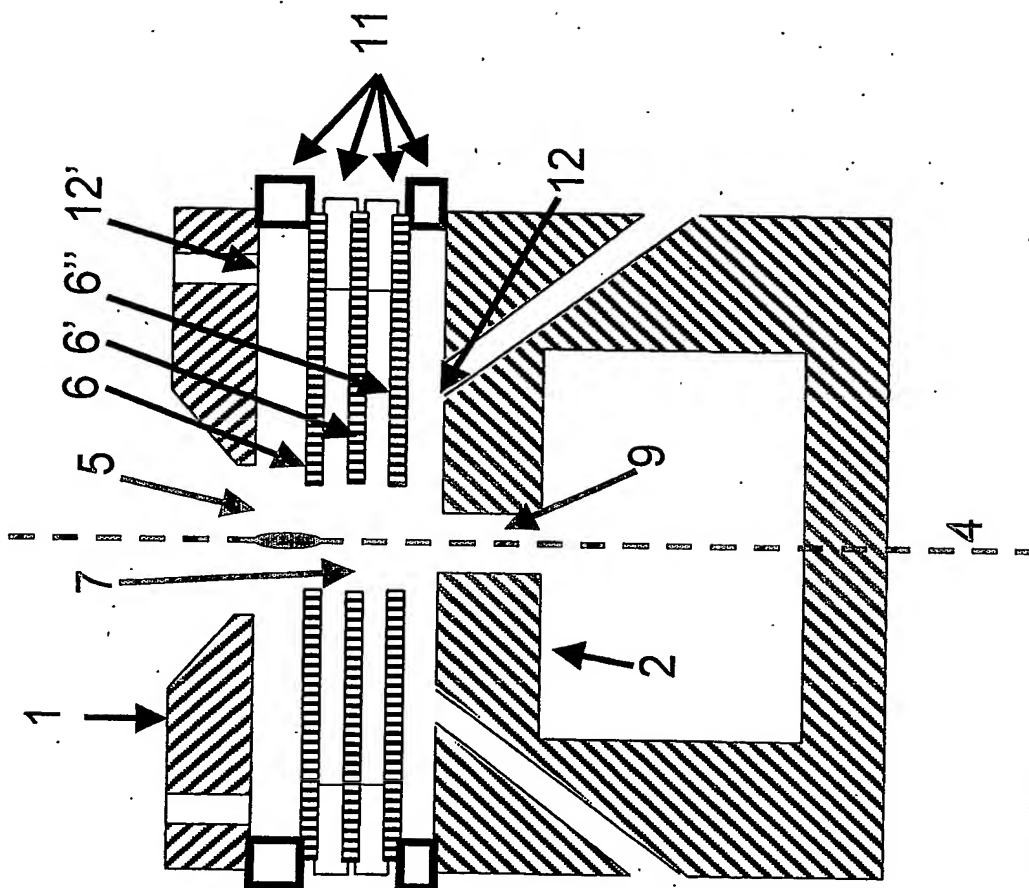


Fig. 4

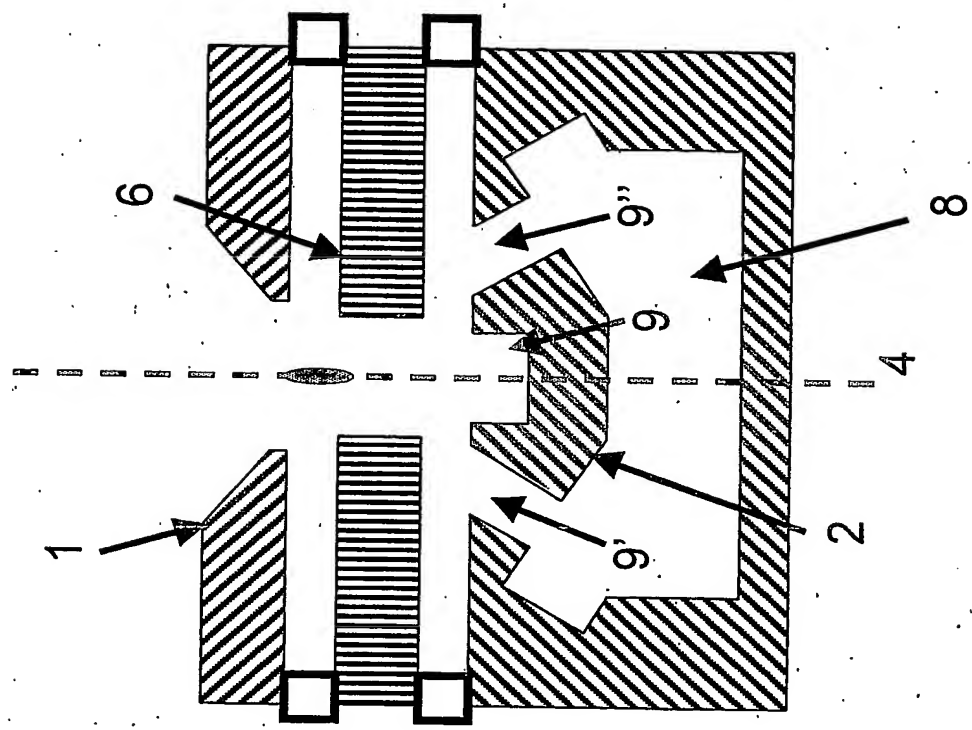


Fig. 5